

FR2592666

Publication Title:

Suspension system using a flexible cable with local fixing, particularly for a cable-stayed bridge

Abstract:

The invention relates to the suspension of a structure such as a bridge using cables and in particular steel cables. Near an anchoring block 6 in which the cable C is fixed, this cable is surrounded by an elastic sleeve M held in a rigid external tube T and having a sufficient length and a suitable compression stiffness in order to minimise the bending stresses in the cable when the suspension force exerted by the latter on the anchoring block 6 diverges from the direction of fixing. The invention is applied in particular to cable-stayed bridges.

Data supplied from the esp@cenet database - <http://ep.espacenet.com>

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 592 666

②1 N° d'enregistrement national :

86 00132

⑤1 Int Cl⁴ : E 01 D 11/00; F 16 G 11/00.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 7 janvier 1986.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 28 du 10 juillet 1987.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : SOGELEERG, Société anonyme. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Alain Chauvin.

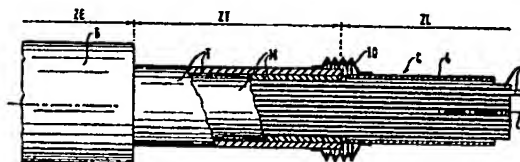
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Paul Bourelly.

⑤4 Système de sustentation par câble souple à encastrement local, notamment pour pont à haubans.

⑤7 L'invention concerne la sustentation d'un ouvrage tel qu'un pont par des câbles notamment d'acier. Au voisinage d'un bloc d'ancrage 6 dans lequel le câble C est encastré, ce câble est entouré d'un manchon élastique M maintenu dans un tube extérieur rigide T et présentant une longueur suffisante et une raideur de compression convenable pour minimiser les contraintes de flexion dans le câble lorsque la force de sustentation exercée par celui-ci sur le bloc d'ancrage 6 s'écarte de la direction d'encastrement.

L'invention s'applique notamment aux ponts à haubans.



FR 2 592 666 - A1

Système de sustentation par câble souple à encastrement local, notamment pour pont à haubans

La présente invention concerne notamment la construction de grands ouvrages tels que des ponts maintenus à l'aide de câbles relativement
5 souples qui supportent de fortes tensions et qui sont encastrés sur l'ouvrage dans une ou plusieurs parties limitées de leurs longueurs. Dans une telle partie, qui constitue une zone d'encastrement, le câble a une position et une direction imposées rigidement par l'ouvrage, alors qu'à distance de telles zones le câble est libre et s'aligne progressive-
10 ment, compte tenu de sa raideur, sur la force de sustentation qu'il applique à l'ouvrage.

Bien entendu l'ouvrage est conçu pour que la direction et la position d'encastrement du câble en sortie d'une telle zone à l'intérieur de celle-ci soient aussi proches que possible de celles de la force de sustentation, ceci pour éviter une flexion brutale du câble immédiatement
15 après sa sortie de cette zone. Mais, d'une part, on ne peut pas toujours éviter des défauts d'alignements permanents en raison de l'imprécision de la construction. D'autre part et surtout, diverses déformations créent des défauts d'alignement variables en service. Il en est notamment ainsi
20 des variations de la courbure gravitaire naturelle du câble lorsque sa tension varie sous l'effet des variations de la charge de l'ouvrage, et de ses oscillations sous l'effet du vent, ainsi que des déformations élastiques de l'ouvrage lui-même.

Ces défauts d'alignement créent dans le câble des contraintes de flexion qui s'ajoutent à celles dues à sa tension et peuvent ainsi
25 provoquer sa rupture. Ce risque est surtout créé par les contraintes de flexion variables qui provoquent des phénomènes de fatigue après un grand nombre de cycles de variation.

Il apparaît notamment dans le cas où l'ouvrage en question est un
30 grand pont dont le tablier est soutenu par des haubans qui constituent alors lesdits câbles. Chaque hauban est ancré dans l'ouvrage à ses deux extrémités, l'une dans le tablier, l'autre dans un pylône s'élevant au-dessus de ce dernier. Lesdites zones d'encastrement sont alors constituées par les zones d'ancrage du hauban, car il serait trop coûteux de
35 réaliser un ancrage sans encastrement, c'est à dire une articulation qui

présente une raideur suffisamment faible pour éviter toute flexion sensible du câble, surtout si celui-ci est souple.

Lesdits câbles pourraient cependant être aussi constitués, par exemple, par des câbles de pont suspendu ou par des haubans soutenant une
5 toiture. Les zones d'encastrement peuvent être constituées non seulement par les ancrages d'extrémités des câbles, mais aussi par des selles de déviation disposées dans une partie intermédiaire de la longueur des câbles.

Il est connu de limiter les contraintes de flexion d'un câble en
10 sortie d'une zone d'encastrement en entourant ce câble, sur une certaine partie de sa longueur à partir du point de sortie, par un tube de transition allongé flexible. Une extrémité de ce tube est encastrée comme le câble au point de sortie, et l'autre extrémité est libre. Lorsqu'il y a défaut d'alignement, et donc déviation du câble, la tension
15 de ce dernier fait fléchir ce tube élastiquement. La résistance propre du tube à la flexion limite alors la courbure du câble et y réduit donc les contraintes de flexion.

Dans les ponts à haubans connus en service le tube de transition est constitué d'acier. Les fils d'aciers qui constituent l'âme du câble
20 sont souvent groupés en torons et cette âme est constituée de plusieurs torons solidarisés les uns des autres par un coulis de ciment. L'action du tube de transition pour diminuer les contraintes de flexion dans le câble peut être exprimée à l'aide d'un coefficient numérique appelé "coefficient réducteur". Plus précisément, ces contraintes deviennent
25 égales au produit des contraintes qui existeraient en l'absence du tube par ce coefficient réducteur. Avec les tubes de transition connus, ce coefficient ne descend pas au-dessous de 0,5 environ.

Ces contraintes de flexion du câble sont essentiellement des contraintes normales, c'est-à-dire des contraintes longitudinales des fils
30 du câble. Les contraintes de tension du câble sont elles aussi des contraintes normales.

Il est évidemment souhaitable de réduire encore ces contraintes de flexion car elles peuvent par exemple constituer les deux tiers des contraintes de tension, en l'absence de tube de transition, et un tiers
35 en présence d'un tel tube. Une augmentation d'un tiers de la section du

câble est alors nécessaire pour supporter ces contraintes de flexion. Et elle est évidemment coûteuse.

Il est par ailleurs connu, dans le but d'amortir les oscillations du câble sous l'action du vent, d'entourer celui-ci, à quelque distance de la zone d'encastrement, d'un anneau amortisseur ou manchon de faible longueur constitué de caoutchouc épais et très déformable maintenu par un support fixe. Outre son action principale d'absorption de l'énergie des oscillations, cet anneau limite la flexion du câble dans une zone qui s'étend de la sortie de la zone d'encastrement jusqu'au voisinage de cet anneau. Mais une flexion importante apparaît au niveau de cet anneau et est presque aussi importante que celle qui apparaîtrait en sortie de la zone d'encastrement en l'absence de cet anneau.

Cette disposition connue à anneau amortisseur est par exemple représentée sur la figure 6 de l'article "Recent trends in the design and construction of cable stayed bridges" 12 th Congress of IABSE in VANCOUVER, BC, Sept 37, 1984 par W. ZELLNER, R. SAUL, H. SVENSSON, Final Report,

(International Association for Bridge and Structural Engineering IABSE
Association Internationale des Ponts et Charpentes AIPC
Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau IVBH)

La présente invention a pour but de réduire de manière plus efficace que précédemment les contraintes de flexion dans un hauban de pont ou dans un câble travaillant dans des conditions analogues, et cela bien entendu de manière économique et durable.

Et elle a pour objet un système de sustentation par câble souple à encastrement local, ce système comportant un câble (C) qui présente par lui-même une grande résistance en tension et une raideur lineique en flexion (EI) limitée, de sorte que, lorsqu'une première extrémité d'un tronçon de ce câble est maintenue en position et en direction, que ce tronçon est à la fois fléchi et tendu par une force (F) appliquée à la seconde extrémité, et qu'aucune autre action n'est exercée sur ce tronçon, l'angle que fait le câble par rapport à la direction de cette force décroît naturellement progressivement en étant divisé par 2,718 chaque fois que l'on parcourt une même distance de la première vers la deuxième extrémité, cette distance constituant une longueur élastique de flexion (Lf) qui est égale à la racine carrée $\sqrt{EI/F}$ du rapport de la

dite raideur lineique (EI) à ladite force de sustentation, ce câble étant ancré dans un ouvrage (6) pour appliquer à celui-ci une force de sustentation (F) selon une direction de sustentation, cet ancrage étant réalisé sur une première partie de la longueur de ce câble qui constitue

5 une zone d'encastrement (ZE) et dans laquelle ce câble a une position et une direction "d'encastrement" imposées (Ox), cette direction d'encastrement présentant par rapport à ladite direction de sustentation une déviation angulaire globale parasite (A) qui subit des cycles de variation en service et qui provoque des flexions correspondantes variables

10 du câble de sorte que ce dernier est soumis, non seulement à des contraintes normales de tension, mais encore, dans des zones voisines de la zone d'encastrement, à des contraintes normales de flexion qui peuvent entraîner sa rupture par fatigue,

- ce système comportant un manchon d'appui élastique qui entoure ledit

15 câble en dehors de ladite zone d'encastrement et qui est maintenu extérieurement par un support fixe de manchon (T) de sorte que ce manchon d'appui élastique limite les déplacements transversaux et la courbure de ce câble dans une zone de transition (ZT) qui est une deuxième partie de la longueur de celui-ci et qui s'étend de ladite zone d'encastrement

20 jusqu'à la partie de ce manchon qui est la plus éloignée de cette zone d'encastrement,

- une troisième partie de la longueur de ce câble s'étendant à partir de cette deuxième partie et constituant une zone libre (ZL) dans laquelle ce câble s'incurve naturellement sous l'action de ladite force de

25 sustentation (F),

- ce système étant caractérisé par le fait que ledit manchon d'appui élastique (M) s'étend sur une longueur (L) comprise entre cinq et trente fois ladite longueur élastique de flexion (Lf), en présentant une entrée du côté de ladite zone d'encastrement (ZE) et une sortie du côté de

30 ladite zone libre (ZL), de sorte que ledit câble (C) présente dans ce manchon un premier maximum local de courbure à l'entrée de celui-ci et un deuxième maximum local de courbure près de la sortie de celui-ci, la raideur lineique en compression de ce manchon, qui représente la force transversale à appliquer à une unité de longueur dudit câble pour la

35 déplacer transversalement d'une unité de longueur, étant choisie voisine de celle qui donne une même valeur aux deux dits maximums locaux de

courbure, de manière à limiter la courbure et les contraintes de flexion dudit câble (C) à l'intérieur de ce manchon tout en ne laissant à ce câble en sortie de ce manchon qu'une déviation angulaire résiduelle petite par rapport à sa dite déviation angulaire globale (A).

- 5 (Les signes de référence entre parenthèses renvoient à simple titre d'exemple aux figures ci-jointes ou aux formules mathématiques ci-après).

La dimension longitudinale (c'est-à-dire selon la longueur du câble) de l'anneau amortisseur connu précédemment mentionné était une
10 fraction seulement de ladite longueur de flexion élastique. Cette faible longueur était parfaitement compatible avec la fonction assignée à cet anneau, à savoir l'amortissement des oscillations du câble. Mais quelle que soit la raideur de cet anneau en compression transversale, elle ne permettait pas d'obtenir, en ce qui concerne la réduction des
15 contraintes de flexion, des résultats comparables à ceux de la présente invention. Selon cette dernière la longueur du manchon élastique est, tout en restant économiquement acceptable, choisie suffisante pour permettre une réduction très importante des contraintes de flexion dans le
20 câble et cette réduction est effectivement obtenue parce que ce choix de longueur est associé à un choix convenable de la raideur lineique en compression de ce manchon. Plus précisément, il convient de considérer la valeur de la contrainte de flexion maximale dans le câble, et la variation de cette valeur en fonction de la raideur lineique du manchon. Selon la présente invention il a été trouvé non seulement que cette
25 valeur présentait un minimum auquel correspond au moins approximativement le choix convenable qui est mentionné ci-dessus et qui sera expliqué plus en détails ci-après, mais aussi que la raideur ainsi choisie pouvait être obtenue avec des matériaux usuels et faciles à mettre en oeuvre tels que du néoprène, employés sous des épaisseurs
30 modérées, donc sans créer d'encombrement gênant. Ces épaisseurs sont notamment inférieures au quart de l'épaisseur radiale de l'anneau amortisseur connu précédemment mentionné.

Quoique le manchon selon l'invention puisse être réalisé aisément sous forme d'une masse continue, il doit être compris qu'il pourrait être
35 discontinu, et constitué par exemple d'une succession d'anneaux élasti-

ques de faibles longueurs séparés par des intervalles de faibles longueurs. Les faibles longueurs en question doivent être faibles par rapport à ladite longueur élastique de flexion. Ladite raideur lineique en compression du manchon serait alors une valeur moyenne. Dans le cas
5 d'un manchon continu cette raideur lineique est proportionnelle d'une part à la raideur propre en compression du matériau constituant le manchon, et d'autre part au diamètre du câble et elle est inversement proportionnelle à l'épaisseur de ce manchon.

Selon la présente invention on peut adopter en outre les dispositions complémentaires souvent avantageuses suivantes :

10 - La raideur linéique en compression dudit manchon (M) est telle que la valeur dudit deuxième maximum local de courbure soit comprise entre la moitié et le double de celle du premier.

- La longueur (L) dudit manchon élastique (M) est comprise entre huit et
15 quinze fois ladite longueur élastique de flexion (Lf) et de préférence voisine de dix fois cette longueur.

- La raideur lineique en compression (K) dudit manchon (M) est comprise entre 1% et 20% et de préférence voisine de 6% d'une pression caractéristique $P = F^2/EI$, cette pression étant égale au carré (F^2) de ladite
20 force de sustentation divisé par ladite raideur lineique en flexion (EI) du câble (C).

- Le câble (C) est constitué d'une multiplicité de filins d'acier (2) pouvant coulisser longitudinalement les uns par rapport aux autres pour rendre ce câble souple.

25 - Ledit support de manchon fixe est un tube d'acier rigide (T) encastré dans ledit ouvrage (6) et entourant ce câble.

- Et ledit manchon élastique (M) est constitué d'un élastomère interposé entre ce tube et ce câble, l'épaisseur de ce manchon étant inférieure au quart du diamètre de ce câble, cet élastomère étant avantageusement
30 injecté ou moulé entre ledit câble (C) et ledit tube (T) de manière à épouser la forme des filins (2) de ce câble et à répartir la pression sur ces filins.

La présente invention a en outre pour objet un pont à haubans soutenu par un système du type précédemment décrit selon l'invention,
35 ledit câble étant un hauban de ce pont.

A l'aide des figures schématiques ci-jointes on va décrire ci-après, à titre d'exemple non limitatif, comment l'invention peut être mise en oeuvre. Il doit être compris que les éléments et représentés peuvent, sans sortir du cadre de l'invention, être remplacés par
5 d'autres éléments assurant les mêmes fonctions techniques. Lorsqu'un même élément est représenté sur plusieurs figures il y est désigné par le même signe de référence.

La figure 1 représente une vue d'un système selon l'invention dans et de part et d'autre de sa dite zone de transition, en coupe par un plan
10 passant par l'axe du câble.

La figure 2 représente une vue du même système en coupe transversale dans ladite zone de transition.

La figure 3 représente une vue théorique pour montrer l'incurvation de l'axe du câble du même système et illustrer des
15 équations représentatives de cette incurvation.

La figure 4 représente divers diagrammes de variations de la contrainte normale maximale de flexion dans une section du câble, en ordonnée, en fonction de la distance de cette section à ladite zone d'encastrement, en abscisses, chacun de ces diagrammes correspondant à
20 une valeur particulière de ladite raideur lineique en compression du manchon.

Le système de sustentation représenté et décrit à titre d'exemple est l'un de ceux qui assurent la sustentation d'un pont à haubans. Le câble C de ce système est un hauban de ce pont et il est constitué par la
25 juxtaposition de filins identiques tels que 2 qui sont indépendants les uns des autres, c'est-à-dire qu'ils peuvent coulisser longitudinalement les uns par rapport aux autres. Un tel câble est relativement souple car son moment d'inertie I est seulement la somme des moments d'inertie de ses filins. Chacun de ces filins pourrait présenter la forme d'un toron
30 de fils fins. Mais il présente ici celle d'un fil massif fait d'un acier dont le module d'élasticité (module d'Young) présente une valeur E. La raideur lineique de flexion de ce câble est le produit EI. Les fils d'acier sont juxtaposés de manière aussi compacte que possible et de manière à donner au câble une section approximativement circulaire.

35 Dans ladite zone libre ZL le câble C est entouré d'une gaine de

protection 4 constituée de polyéthylène et ne modifiant pas sensiblement la raideur du câble. Une cire microcristalline a été injectée sous pression à l'état liquide dans cette gaine et comporte des additifs anti-corrosion et de lubrification du type "extrême pression".

5 Dans ladite zone de transition ZT le câble passe axialement dans un tube d'acier T suffisamment épais pour qu'il puisse être considéré ici comme parfaitement rigide mais qui dans la réalité fléchit un peu sous l'effort. Ce tube constitue le support de manchon précédemment mentionné. A son extrémité côté zone libre il se raccorde à la gaine 4
10 par un soufflet d'étanchéité 10. Par son autre extrémité il est encastré rigidement dans un bloc d'ancrage 6 dans lequel chacun des filins tels que 2 est par ailleurs individuellement ancré et encastré. La partie de ce câble située dans ce bloc constitue la zone d'encastrement ZE précédemment mentionnée.

15 Entre le tube rigide T et le câble C on a injecté à froid un élastomère néoprène qui remplit complètement l'intervalle et qui constitue après polymérisation ou vulcanisation le manchon d'appui élastique M précédemment mentionné.

Sur les figures 1 et 2 la déviation angulaire globale A
20 précédemment mentionnée est supposée nulle, c'est-à-dire que l'axe 8 du câble C est rectiligne.

Sur la figure 3 cet axe est représenté incurvé en raison d'une déviation angulaire globale A non nulle qui est représentée comme l'angle entre la force F qui tend le câble et la direction d'encastrement qui
25 est parallèle à l'axe Ox, ce dernier constituant le prolongement de l'axe du câble tel qu'il est dans la zone d'encastrement.

Les forces de rappel élastique appliquées au câble par le manchon M comprimé radialement sont perpendiculaires à l'axe Ox et sont représentées par les flèches R. Si on appelle

30 - y l'écart d'un point de l'axe du câble incurvé par rapport à l'axe Ox,
- x la distance de ce point à la zone d'encastrement en projection sur Ox,
- L la longueur de la zone de transition ZT,
- et K la raideur lineique en compression du manchon M,
35 - la variation de y en fonction de x est donnée par les équations

différentielles suivantes dans lesquelles $y^{(2)}$ et $y^{(4)}$ désignent les dérivées seconde et quatrième de y par rapport à x :

$$EI y^{(4)} - Fy^{(2)} + Ky = 0$$

lorsque x est compris entre zéro et L , et

5
$$EI y^{(4)} - Fy^{(2)} = 0$$

lorsque x est supérieur à L .

Les courbes de la figure 4 peuvent être obtenues à partir de ces équations. Elles donnent les variations de la valeur maximale de la contrainte de flexion (qui est une contrainte dite normale car correspondant à des forces parallèles à l'axe du câble et qui est exprimée en mégapascals) dans chaque section du câble, ceci pour diverses valeurs de K , qui sont exprimées aussi en mégapascals (MPa).

La courbe en trait tireté K_0 correspond à l'absence du manchon M et du tube T .

15 La courbe en trait mixte $K 150$ correspond au cas où $K = 150$ MPa, la courbe en trait pointillé $K400$ au cas où $K = 400$ MPa et la courbe $K500$ au cas où $K = 500$ MPa.

Ces courbes ont été établies dans les hypothèses suivantes :

- le câble C comporte 253 filins indépendants de diamètre 7 mm chacun.
- 20 - La raideur lineique de flexion EI de ce câble vaut 6000 N.m^2 .
- La force de sustentation F vaut 7000 kN .
- La déviation angulaire globale A vaut cinq millièmes de radian.
- La longueur L du manchon M vaut $0,30 \text{ m}$.

Elles font apparaître que, quand K augmente à partir de zéro, le premier maximum de la contrainte de flexion au point $x = 0$ décroît et qu'un deuxième maximum local apparaît au voisinage du point $x = 0,9L$ et croît. Lorsque $K = 500$ MPa les valeurs de ces deux maximums locaux deviennent à peu près égales. Si on augmentait encore la valeur de K le deuxième maximum deviendrait le plus grand. Il en résulte que les risques de rupture du câble sont les plus faibles lorsque K vaut environ 500 MPa, ce qui constitue dans ce cas le choix convenable précédemment mentionné. De manière plus générale la raideur lineique en compression K du manchon M est choisie voisine de celle qui donne une même valeur aux premier et au deuxième maximums locaux mentionnés ci-dessus.

REVENDECATIONS

- 1/ Système de sustentation par câble souple à encastrement local, ce système comportant un câble (C) qui présente par lui-même une grande résistance en tension et une raideur lineique en flexion (EI) limitée, de sorte que, lorsqu'une première extrémité d'un tronçon de ce câble est maintenue en position et en direction, que ce tronçon est à la fois fléchi et tendu par une force (F) appliquée à la seconde extrémité, et qu'aucune autre action n'est exercée sur ce tronçon, l'angle que fait le câble par rapport à la direction de cette force décroît naturellement progressivement en étant divisé par 2,718 chaque fois que l'on parcourt une même distance de la première vers la deuxième extrémité, cette distance constituant une longueur élastique de flexion (L_f) qui est égale à la racine carrée $\sqrt{EI/F}$ du rapport de la dite raideur lineique (EI) à ladite force de sustentation, ce câble étant ancré dans un ouvrage (6) pour appliquer à celui-ci une force de sustentation (F) selon une direction de sustentation, cet ancrage étant réalisé sur une première partie de la longueur de ce câble qui constitue une zone d'encastrement (ZE) et dans laquelle ce câble a une position et une direction "d'encastrement" imposées (Ox), cette direction d'encastrement présentant par rapport à ladite direction de sustentation une déviation angulaire globale parasite (A) qui subit des cycles de variation en service et qui provoque des flexions correspondantes variables du câble de sorte que ce dernier est soumis, non seulement à des contraintes normales de tension, mais encore, dans des zones voisines de la zone d'encastrement, à des contraintes normales de flexion qui peuvent entraîner sa rupture par fatigue,
- ce système comportant un manchon d'appui élastique qui entoure ledit câble en dehors de ladite zone d'encastrement et qui est maintenu extérieurement par un support fixe de manchon (T) de sorte que ce manchon d'appui élastique limite les déplacements transversaux et la courbure de ce câble dans une zone de transition (ZT) qui est une deuxième partie de la longueur de celui-ci et qui s'étend de ladite zone d'encastrement jusqu'à la partie de ce manchon qui est la plus éloignée de cette zone d'encastrement,
- une troisième partie de la longueur de ce câble s'étendant à partir de cette deuxième partie et constituant une zone libre (ZL) dans laquelle ce câble s'incurve naturellement sous l'action de ladite force

de sustentation (F),

- ce système étant caractérisé par le fait que ledit manchon d'appui élastique (M) s'étend sur une longueur (L) comprise entre cinq et trente fois ladite longueur élastique de flexion (L_f), en présentant une entrée
5 du côté de ladite zone d'encastrement (ZE) et une sortie du côté de ladite zone libre (ZL), de sorte que ledit câble (C) présente dans ce manchon un premier maximum local de courbure à l'entrée de celui-ci et un deuxième maximum local de courbure près de la sortie de celui-ci, la raideur lineique en compression de ce manchon, qui représente la force
10 transversale à appliquer à une unité de longueur dudit câble pour la déplacer transversalement d'une unité de longueur, étant choisie voisine de celle qui donne une même valeur aux deux dits maximums locaux de courbure, de manière à limiter la courbure et les contraintes de flexion dudit câble (C) à l'intérieur de ce manchon tout en ne laissant à ce
15 câble en sortie de ce manchon qu'une déviation angulaire résiduelle petite par rapport à sa dite déviation angulaire globale (A).

2/ Système selon la revendication 1 caractérisé par le fait que la raideur lineique en compression dudit manchon (M) est choisie de manière que ledit câble (C) présente au voisinage de la sortie de ce manchon et
20 dans celui-ci un deuxième maximum local de courbure de valeur comprise entre la moitié et le double de celle du premier maximum local de courbure situé au voisinage de l'entrée de ce manchon.

3/ Système selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la longueur (L) dudit manchon élastique (M) est comprise entre huit et
25 quinze fois ladite longueur élastique de flexion (L_f).

4/ Système selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la raideur lineique en compression (K) dudit manchon (M) est comprise entre 1% et 20% d'une pression caractéristique $P = F^2/EI$, cette pression étant égale au carré (F^2) de ladite force de sustentation divisé par
30 ladite raideur lineique en flexion (EI) du câble (C).

5/ Système selon la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit câble (C) est constitué d'une multiplicité de filins d'acier (2) pouvant coulisser longitudinalement les uns par rapport aux autres pour rendre ce câble souple,

35 - ledit support de manchon fixe est un tube d'acier rigide (T) encastré

dans ledit ouvrage (6) et entourant ce câble,

- et ledit manchon élastique (M) est constitué d'un élastomère interposé entre ce tube et ce câble, l'épaisseur de ce manchon étant inférieure au quart du diamètre de ce câble.

5 6/ Système selon la revendication 5, caractérisé par le fait que ledit manchon élastique (M) est constitué d'un élastomère injecté ou moulé entre ledit câble (C) et ledit tube (T) de manière à épouser la forme des filins (2) de ce câble.

10 7/ Pont à haubans, caractérisé par le fait qu'il est soutenu par un système selon la revendication 1, ledit câble (C) étant un hauban de ce pont.

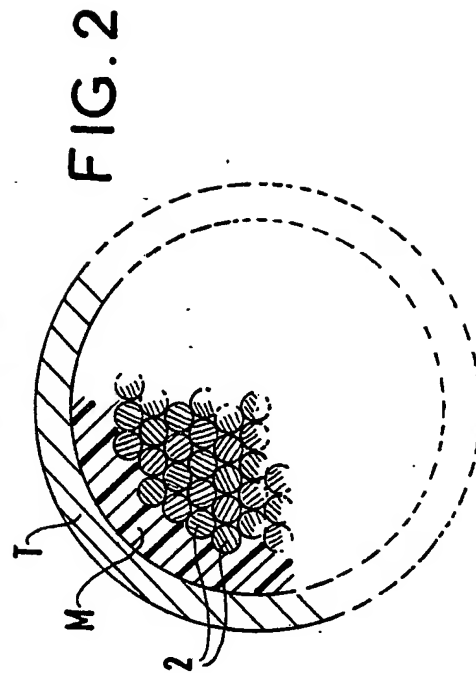
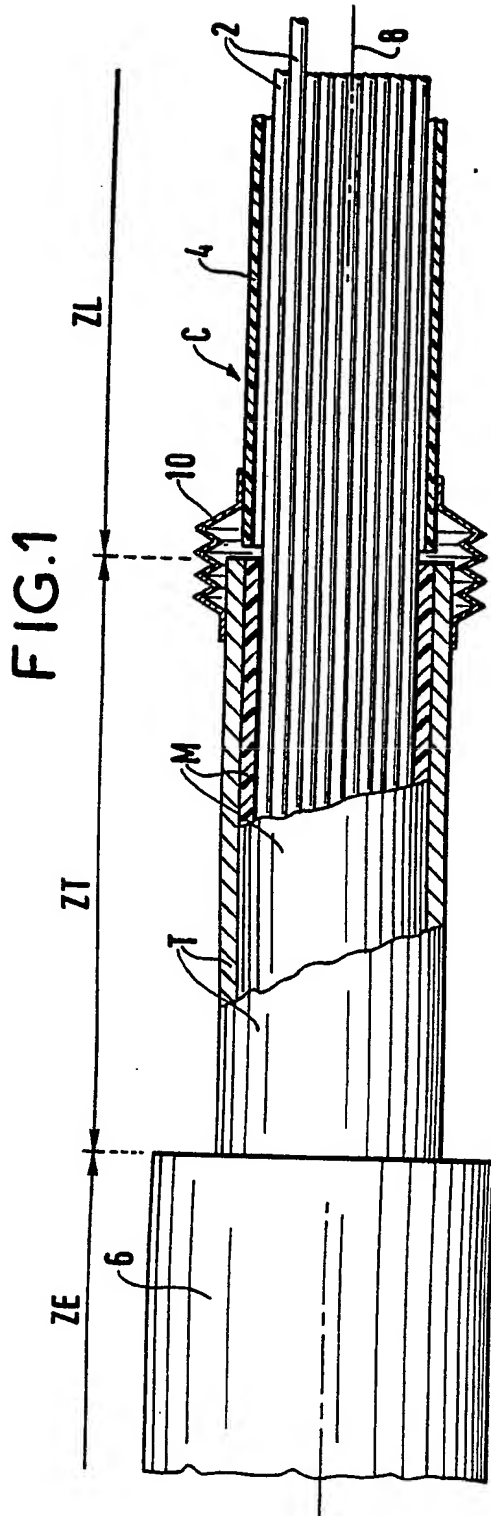


FIG. 3

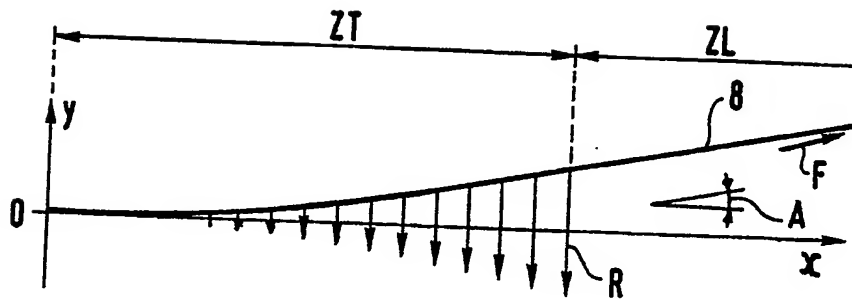


FIG. 4

